

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06100935
 PUBLICATION DATE : 12-04-94

APPLICATION DATE : 24-09-92
 APPLICATION NUMBER : 04254975

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : HARA TAKUYA;

INT.CL. : C21D 8/10 C21D 8/00 C21D 9/08
 C22C 38/00 C22C 38/42

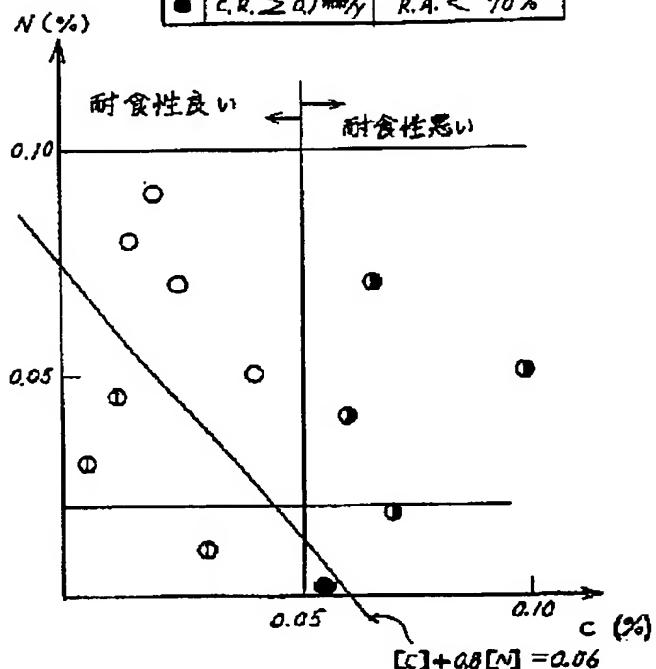
TITLE : PRODUCTION OF MARTENSITIC STAINLESS STEEL TYPE SEAMLESS STEEL PIPE EXCELLENT IN TOUGHNESS AND STRESS CORROSION CRACKING RESISTANCE

ABSTRACT : PURPOSE: To produce a martensitic stainless steel excellent in toughness and stress corrosion cracking resistance.

CONSTITUTION: Steel contg., by weight, $\leq 0.05\%$ C, $\leq 0.05\%$ Si, $\leq 1.0\%$ Mn, $\leq 0.03\%$ P, $\leq 0.01\%$ S, 11 to 17% Cr, 1 to 4% Cu, 1.5 to 5% Ni, $\leq 0.05\%$ Al and 0.02 to 0.1% N and satisfying $C+0.8N \leq 0.06$ or furthermore contg. 0.5 to 2% Mo is subjected to hot working, is naturally air-cooled, is thereafter heated to the Ac_3 point +10°C to the Ac_3 point +200°C, is cooled from a cooling starting temp. of the heating temp. to 750°C to a cooling stopping temp. of 550 to 350°C at $\geq 2^\circ\text{C/sec}$, is cooled to a room temp. at a rate of air cooling or above and is successively subjected to tempering treatment at the Ac_1 point or below. In this way, its corrosion resistance and hot workability are made good, and its toughness and stress corrosion cracking resistance are improved in the case accelerated cooling is executed after the heating and the precipitation of boundary carbides is suppressed.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

CO_2 腐食環境 での腐食速度 C.R. mm/hr	粗面化率 R.A. 或り率 %
○ $C.R < 0.1 \text{ mm}/\text{hr}$	R.A. $\geq 70\%$
○ $C.R < 0.1 \text{ mm}/\text{hr}$	R.A. $< 70\%$
● $C.R \geq 0.1 \text{ mm}/\text{hr}$	R.A. $\geq 70\%$
● $C.R \geq 0.1 \text{ mm}/\text{hr}$	R.A. $< 70\%$



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-100935

(43)公開日 平成6年(1994)4月12日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 21 D 8/10	D	7412-4K		
8/00	E	7412-4K		
9/08	E			
C 22 C 38/00	3 0 2	Z		
		38/12		

審査請求 未請求 請求項の数4(全8頁)

(21)出願番号	特願平4-254975	(71)出願人	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22)出願日	平成4年(1992)9月24日	(72)発明者	川上 哲 福岡県北九州市戸畠区飛幡町1番1号 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内
		(72)発明者	朝日 均 福岡県北九州市戸畠区飛幡町1番1号 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内
		(72)発明者	原 阜也 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内
		(74)代理人	弁理士 田村 弘明 (外1名)

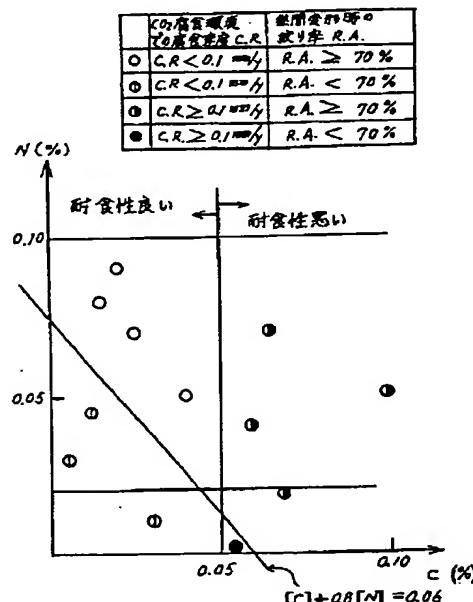
(54)【発明の名称】 翎性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼組目無钢管の製造法

(57)【要約】

【目的】 翎性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼の製造法。

【構成】 $C \leq 0.05$ 、 $S \leq 0.05$ 、 $Mn \leq 1.0$ 、 $P \leq 0.03$ 、 $S \leq 0.01$ 、 $Cr : 11 \sim 17$ 、 $Cu : 1 \sim 4\%$ 、 $Ni : 1.5 \sim 5$ 、 $A_1 \leq 0.05$ 、 $N : 0.02 \sim 0.1$ でかつ $C + 0.8N \leq 0.06$ を満足し、あるいはさらに $Mn : 0.5 \sim 2$ (wt%) を含む鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、 A_{Cs} 点 + $10^{\circ}C \sim A_{Cs}$ 点 + $200^{\circ}C$ の温度に加熱しこの加熱温度 $\sim 750^{\circ}C$ の冷却開始温度から $550^{\circ}C \sim 350^{\circ}C$ の冷却停止温度までを $2^{\circ}C/sec$ 以上で冷却し室温まで空冷以上の速度にて冷却し、続いて、 A_{Cs} 点以下の温度にて焼きもどし処理を行う。

【効果】 耐食性は $C \leq 0.05$ 、 $Cr : 11 \sim 17$ とし Cu や Mn を添加すれば良好である。熱間加工性は $C + 0.8N \leq 0.06$ を満足し、 $Ni : 1.5 \sim 5$ を添加すれば良い。 翎性および耐応力腐食割れ性は加熱後に加速冷却を行い粒界炭化物の析出を抑えれば向上する。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で

C ≤ 0. 05 %,

S i ≤ 0. 50 %,

Mn ≤ 1. 0 %,

P ≤ 0. 03 %,

S ≤ 0. 01 %,

Cr : 11~17 %,

Cu : 1~4 %,

Ni : 1. 5~5 %,

Al ≤ 0. 05 %,

N : 0. 02~0. 1 %であり、かつ、

C + 0. 8N > 0. 06 %を満足する成分を含み、

残部が実質的に Fe および不可避的不純物からなる鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、 A_{c3} 変態点 + 10°C ~ A_{c1} 変態点 + 200°C の温度に加熱し、この加熱温度～750°C の冷却開始温度から 550 ~ 350°C の冷却停止温度までを 2°C/sec 以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、 A_{c1} 変態点以下の温度で焼きもどし処理することを特徴とする韌性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼継目無鋼管の製造法。

【請求項2】 重量%で

C ≤ 0. 05 %,

S i ≤ 0. 50 %,

Mn ≤ 1. 0 %,

P ≤ 0. 03 %,

S ≤ 0. 01 %,

Cr : 11~17 %,

Cu : 1~4 %,

Ni : 1. 5~5 %,

Mo : 0. 5~2 %,

Al ≤ 0. 05 %,

N : 0. 02~0. 1 %であり、かつ、

C + 0. 8N > 0. 06 %を満足する成分を含み、

残部が実質的に Fe および不可避的不純物からなる鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、 A_{c3} 変態点 + 10°C ~ A_{c1} 変態点 + 200°C の温度に加熱し、この加熱温度～750°C の冷却開始温度から 550 ~ 350°C の冷却停止温度までを 2°C/sec 以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、 A_{c1} 変態点以下の温度で焼きもどし処理することを特徴とする韌性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼継目無鋼管の製造法。

【請求項3】 重量%として

C ≤ 0. 05 %,

S i ≤ 0. 50 %,

Mn ≤ 1. 0 %,

P ≤ 0. 03 %,

S ≤ 0. 01 %,

Cr : 11~17 %,

Cu : 1~4 %,

Ni : 1. 5~5 %,

Al ≤ 0. 05 %,

N : 0. 02~0. 1 %であり、かつ、

C + 0. 8N > 0. 06 %を満足する成分を含み、
 残部が実質的に Fe および不可避的不純物からなる鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、 A_{c3} 変態点 + 10°C ~ A_{c1} 変態点 + 200°C の温度に加熱し、この加熱温度～750°C の冷却開始温度から 550 ~ 350°C の冷却停止温度までを 2°C/sec 以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、さらに、 A_{c1} 変態点～ A_{c3} 変態点の温度に加熱して室温まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、 A_{c1} 変態点以下の温度で焼きもどし処理することを特徴とする韌性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼継目無鋼管の製造法。

【請求項4】 重量%で

C ≤ 0. 05 %,

S i ≤ 0. 50 %,

Mn ≤ 1. 0 %,

P ≤ 0. 03 %,

S ≤ 0. 01 %,

Cr : 11~17 %,

Cu : 1~4 %,

Ni : 1. 5~5 %,

Mo : 0. 5~2 %,

Al ≤ 0. 05 %,

N : 0. 02~0. 1 %であり、かつ、

C + 0. 8N > 0. 06 %を満足する成分を含み、
 残部が実質的に Fe および不可避的不純物からなる鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、 A_{c3} 変態点 + 10°C ~ A_{c1} 変態点 + 200°C の温度に加熱し、この加熱温度～750°C の冷却開始温度から 550 ~ 350°C の冷却停止温度までを 2°C/sec 以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、さらに、 A_{c1} 変態点～ A_{c3} 変態点の温度に加熱して室温まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、 A_{c1} 変態点以下の温度で焼きもどし処理することを特徴とする韌性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼継目無鋼管の製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は耐 CO₂ 腐食特性に優れ、耐硫化物応力割れ性を有する高韌性マルテンサイト系ステンレス鋼継目無鋼管の製造法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、CO₂ を多量に含むガスを生産するガス井の開発や 2 次回収のための CO₂ インジェクシ

3 ョンが広く行われるようになっている。このような環境では鋼管の腐食が激しいため耐CO₂腐食特性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼管が多く使用されている。特に、耐食性および熱間加工性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼として、特公昭59-15977号公報が挙げられる。しかしながら、このマルテンサイト系ステンレス鋼は耐食性を向上させるためにCならびにNの含有量を著しく低下させており、鋼塊加熱時にオーステナイト基地に熱間加工性を悪化させるフェライト相が形成されるという欠点をもつ。したがって、シームレス圧延のように苛酷な加工条件下では割れや疵を発生し、歩留低下によるコストアップが避けられず、このような成分系で高耐食性を有する維目無鋼管の製造はこれまで非常に困難であった。

【0003】また、このようなマルテンサイト系ステンレス鋼の製造においては、特公昭63-60808号公報では「低Cマルテンサイト系ステンレス鋼を900～1000℃の温度域に加熱保持した後徐冷するあるいはさらに350℃以下の温度域に加熱保持して徐冷する熱処理方法」、また特公平1-25810号公報第6欄に「一般に採用される熱処理は通常の焼準・焼きもどし処理であり、溶製した鋼種を鍛練、圧延後950℃以上で焼準し、焼いて700℃以下A_c以下での温度で焼きもどす」と記載されているように、圧延後加熱温度からの冷却を水冷のような急速冷却すると割れが発生しやすいため、空冷のごとき徐冷を施して製造されている。しかしながら、このような方法で熱処理を行ったマルテンサイト系ステンレス鋼は残留応力や割れのない優れた製品として得られるが、一方、韌性と耐応力腐食割れ性は十分でないという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような現状にかんがみ、韌性および耐応力腐食割れ性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼維目無鋼管の製造法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは多くの実験結果から耐CO₂腐食性はCを低減化し必要量のCrおよびMoさらにはCuを添加しておけば維持されること、耐硫化物応力割れ性は割れ抵抗性を示す組織制御を行うことで向上することを知見した。また、熱間加工性は、P、Sなどを低減化して介在物の形成を抑えることと、C、Nの添加量を制御してさらにNiを添加することにより、変形抵抗の異なる異相の相分率および形状を制御するような冶金的操縦を行うことで維持されることを知見した。

【0006】特に、本発明者らはCならびにNの効果に着目し次のような知見を得た。図1に、ベース成分を1.5%Ni-12.5%Cr鋼としてCおよびN含有量を変えた場合の耐CO₂腐食特性ならびに熱間加工時

の絞り値を示す。図において、C.R.（腐食速度）は40 atmのCO₂と平衡した180℃の人工海水中における年間の腐食速度であり、C.R. < 0.1 mm/yであれば十分な耐食性を有すると評価できる。また、R.A.は1250℃に加熱した試料を900℃で歪速度3 sec⁻¹の条件にて単軸引張変形したときの絞り率であり、70%以上となれば熱間変形能は良好であると言える。なお、CO₂腐食試験には熱間加工後、焼入れ・焼きもどし処理を行い、降伏強度が720 MPa程度を示すものを用いた。図より、耐CO₂腐食特性を満足するためにはC<0.05%にする必要があり、また、十分な熱間加工性を有するためには、C+0.8N>0.06にする必要があるということが読みとれる（各元素記号の含有量の単位は重量%）。

【0007】また、焼準時に徐冷もしくは空冷すると旧オーステナイト粒界に沿って粗大で板状の薄いCr炭化物が析出し、その周間にCr欠乏層を形成してその部分のCr含有量が実質的に低下し、選択的に腐食されるために鋼の応力腐食割れ性が低下する。さらにこの粗大な板状の薄い炭化物が割れの起点となるために鋼の韌性が劣化する。この粗大な炭化物が析出する温度を調査したところ750～550℃であることが判明した。したがって、上記のマルテンサイト系ステンレス鋼の韌性と応力腐食割れ性を改善するためには、このような粗大なCr炭化物の生成を抑制する方法として急速冷却を採用する必要がある。

【0008】本発明は以上に述べた知見を組み合わせて構成したものである。すなわち、本発明の要旨は下記の通りである。

C ≤ 0.05%,	S i ≤ 0.50%,
Mn ≤ 1.0%,	P ≤ 0.03%,
S ≤ 0.01%,	Cr : 11～17%,
Ni : 1.5～5%,	Cu : 1～4%,
Al ≤ 0.05%,	N : 0.02～0.1%

%かつC+0.8N>0.06%を満足し、あるいはさらにMo:0.5～2%（成分の%は重量）を含み、残部が実質的にFeおよび不可避的不純物からなる鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、A_c:変態点+10℃～A_c:変態点+200℃の温度に加熱し、この加熱温度～750℃の冷却開始温度から550～350℃の冷却停止温度までを2℃/sec以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、A_c:変態点以下の温度にて焼きもどし処理するか、あるいは、上記成分の鋼を熱間加工し室温まで自然放冷した後、A_c:変態点+10℃～A_c:変態点+200℃の温度に加熱しこの加熱温度～750℃の冷却開始温度から550～350℃の冷却停止温度までを2℃/sec以上で冷却せしめ、その後、室温まで空冷以上の速度で冷却し、さらに、A_c:変態点～A_c:変態点の温度に加熱して室温

まで空冷以上の速度で冷却し、続いて、 A_{c1} 変態点以下の温度にて焼きもどし処理する耐食性に優れたマルテンサイト系ステンレス鋼縫目無钢管の製造法である。

【0009】以下に本発明について詳細に説明する。まず、鋼成分の限定理由について述べる。CはCr炭化物などを形成し耐食性を劣化させる元素であるが、典型的なオーステナイト形成元素であり、熱間加工温度域である900～1250°Cでδフェライト相の発生を抑制する効果があるために含有させる。ただし、0.05%を超える量を含有するとCr炭化物などの炭化物が多量に析出してCr欠乏層を形成するために耐CO₂腐食特性が低下し、また、粒界に炭化物が析出しやすくなるために耐硫化物応力割れ性が著しく低下する。したがってC含有量は0.05%以下とした。

【0010】Siは製鋼上脱酸材として添加され含有されたもので、鋼の中に0.50%を超えて含有されると韌性および耐硫化物応力割れ性を低下するために、0.50%以下とした。Mnは介在物を形成し腐食環境下で割れ抵抗性を損なう元素であるが、オーステナイト単相化するために有用な成分であるために含有させる。ただし、1.0%を超えて添加すると多量の介在物を形成するために、腐食環境下での割れ抵抗性と韌性が低下する。したがって、Mnの含有量は1.0%以下とした。

【0011】Pは粒界に偏析して粒界強度を弱め、熱間加工性および耐硫化物応力割れ性を低下させるので0.03%以下とした。Sは硫化物として介在物を形成し熱間加工性を低下させるため、その上限を0.01%とした。

【0012】Crは本発明の目的とする耐CO₂腐食性を付与し、ステンレス鋼としての腐食性を有するために、1.1%以上の含有が必要である。しかし、1.7%を超えて添加するとフェライト相が生成しやすくなるために、その限定範囲を1.1～1.7%とした。

【0013】NiはCr含有鋼においては耐食性を向上させる効果がある。しかも、強力なオーステナイト形成元素であり、高温加熱時にδフェライト相の形成を抑制するうえ、その形状を細く短くし熱間加工時にδフェライト相内部に形成されるクラックの成長を抑える効果があることから、熱間加工性を向上させる効果も有する。ただし、N:0.02%の場合にNi:1.5%以下の含有量ではそれらの効果を示さず、また、5%を超えて添加すると A_{c1} 点が非常に低くなり調質が困難になると、残留オーステナイト相が形成されて強度・韌性を損なうために、その限定範囲を1.5～5%とした。

【0014】Cuは耐CO₂腐食特性を向上させる効果がある。また、オーステナイト安定化元素であり、 A_{c1} 変態点を低下させないという利点も有する。ただし、含有量が1%以下では耐食性向上効果が十分でないこと、1%を超える添加量では高温割れに敏感となり熱間加工性が低下することから、その含有量を1～4%の範

囲に限定した。また、Cu単独の添加では上記効果が小さいことから、必ずNiと複合させて含有させることとした。

【0015】AlはSiと同様に脱酸剤として添加され含有されたもので、0.05%を超えて含有させると A_{c1} Nが多数形成されて著しく韌性が低下する。したがって、含有量の上限を0.05%とした。

【0016】Nは耐食性に対し無害であるうえに、Cと同様に典型的なオーステナイト形成元素であり、熱間加工温度域である900～1250°Cでフェライト相の形成を抑える効果がある。その効果は、前述のように1.5%Ni～12.5%Cr鋼をベース成分とする場合には、C+0.8N<0.06(C, Nは重量%)を満たす含有量の範囲において有効である。したがって、C<0.05%の場合に熱間加工温度域にてフェライト相を発生させず、良好な熱間加工性を得るためにNを0.02%以上添加する必要がある。また、通常の溶製工程においては0.1%超えて含有させるのは困難であるためにその含有量の範囲を0.02～0.1%とした。

【0017】Moは耐孔食性を向上させるのに有効な元素であり、必要に応じてこれを添加する。ただし、0.5%未満の添加ではその効果が小さい。また、強力なフェライト安定化元素であり、2%を超えて添加するとδ相を生成しやすくなることから、その限定範囲を0.5～2%とした。

【0018】次に熱処理条件の限定理由について述べる。オーステナイト化加熱温度は、Cr含有ステンレス鋼のマルテンサイト内において、炭化物が完全に固溶せず結晶粒の粗大化が生じない温度を上限とし、また、オーステナイト相が安定となる最低の温度を下限とした。すなわち、熱間加工して冷却された钢管を、 A_{c1} 変態点+200°C以上の温度に加熱すると炭化物が完全に固溶するために、冷却時にCr炭化物などが粒界に多量に析出耐食性が著しく低下し、さらに結晶粒の粗大化が生じるために、韌性が低下する。また、 A_{c1} 変態点+10°C以下の低い温度に加熱した場合には、オーステナイト相が安定化せず、安定した強度を得ることが困難である。したがって、加熱処理温度は A_{c1} 変態点+10°C～ A_{c3} 変態点+200°Cとした。

【0019】このように加熱されたマルテンサイト系ステンレス鋼を、その冷却過程においてその加熱温度～750°Cの冷却開始温度から550～350°Cの冷却停止温度までを2°C/sec以上の速度で冷却する。この制御冷却条件の設定理由が、板状のCr系炭化物が析出する領域である750～550°Cの温度範囲を短時間で通過させ炭化物の析出を抑制するためである。ただし、350°C以下まで急冷すると割れが生じやすいので、急冷は350°C以上で停止しなければならない。一方、550～750°Cでは炭化物の核形成・成長が速く、2°C/secより遅い冷却速度では板状の炭化物が結晶粒界に析出す

る。

【0020】前記550～350℃の温度まで冷却された鋼は、さらに空冷以上の速度で冷却することによりマルテンサイト変態が生じて、マルテンサイト単相組織となる。このマルテンサイト組織中の残留応力を回復により消滅させ、過飽和炭素原子を炭化物として析出させることによって、韌性・延性を高め、所望の強度を得るために焼きもどし処理を施す。このとき、 A_{c1} 変態点以上の温度に加熱すると逆変態が生じて韌性が著しく低下するために、焼きもどし処理は A_{c1} 変態点以下の温度にて行う。

【0021】また、オーステナイト化処理後の焼きもどし処理を行う前に、必要に応じて A_{c1} 変態点～ A_{c3} 変態点の温度範囲に加熱することによる2相域加熱処理を行う。これは、鋼を1回の焼きもどし処理では得られない低い強度に調質することを目的としており、この処理を用いて低い強度に調質することにより、鋼に十分な耐硫化物応力割れ性を付与することが可能となる。

【0022】以上のような本発明法により製造された钢管は、韌性および耐CO₂ 腐食特性・耐硫化物応力割れ性に優れている。

【0023】

【実施例】まず、表1に示される化学成分の鋼を通常の溶製工程にて鋳造した後、熱間圧延により钢管を製造し、加熱処理と焼きもどし処理を施したもの用いて、強度、韌性、耐CO₂ 腐食性、耐硫化物応力割れ性を調査した。そのときの熱処理温度と強度などの材質については表2に示す。耐CO₂ 腐食性は40気圧のCO₂と平衡した150℃の人工海水中での腐食速度で評価した。腐食速度が0.1mm/y以下であれば耐食性を有すると見なせる。耐硫化物応力割れ性は丸棒引張試験片を25℃の5%NaCl溶液中に1気圧の99%CO₂+1%H₂Sガスを飽和した腐食環境中で単軸引張応力を加え、720時間で破壊が生じない最大初期応力と降伏応力の比(R_s値)を求めた。R_s ≥ 0.8であれば優れた特性であるといえる。

【0024】表2の結果により、本発明法により製造された钢管は良好な耐CO₂ 腐食性、耐硫化物応力腐食割れ性ならびに高韌性を示すのに対し、本発明の範囲から外れた比較法ではいずれかの特性が劣っていることが明らかである。

【0025】

【表1】

(6)

10

	No	C	S i	M n	P	S	C u	N i	C r	M o	A ℓ	N	C + 0.8 N
	1	0.023	0.21	0.46	0.011	0.002	2.9	2.5	13.1	—	0.01	0.06	0.071
	2	0.039	0.08	0.61	0.005	0.001	—	4.1	15.3	—	0.03	0.06	0.087
	3	0.009	0.12	0.57	0.009	0.0007	3.3	4.0	14.8	0.9	0.01	0.08	0.073
	4	0.012	0.31	0.71	0.008	0.003	1.8	3.6	14.2	1.5	0.02	0.07	0.068
*	5	0.122	0.21	0.53	0.011	0.002	2.7	2.9	14.2	0.5	0.01	0.05	0.162
*	6	0.028	0.33	0.68	0.018	0.001	—	0.7	13.3	0.8	0.03	0.06	0.076
*	7	0.010	0.25	0.51	0.012	0.002	1.3	2.8	14.6	1.0	0.03	0.005	0.014

*は比較鋼

【0026】

【表2】

No.	加工 時の 割れ	加熱 温度 (°C)	800~600°C 間 冷速 (°C/s)	冷却終了 温度(°C)	CFTからの冷速	冷却 時の 2相域 度(°C)	焼戻 温度 (°C)	YS (MPa)	TS (MPa)	vE ₂₀ (J)	CO ₂ 腐食速度 (mm/y)	R _s	
1	無	900	15	450	空冷以上(2°C/s)	無	660	726	851	234	0.09	1.0	
1	無	990	25	400	空冷以上(2°C/s)	無	630	782	883	202	0.09	0.9	
1	無	820	5	380	空冷以上(2°C/s)	無	600	847	927	178	0.08	0.8	
1	無	850	10	500	空冷以上(2°C/s)	730	630	698	822	252	0.09	1.0	
2	無	980	15	420	空冷以上(2°C/s)	無	600	751	884	233	0.08	1.0	
2	無	860	5	370	空冷以上(2°C/s)	680	580	673	802	258	0.09	1.0	
3	無	920	20	520	空冷以上(2°C/s)	無	600	805	906	200	0.06	0.9	
3	無	830	35	430	空冷以上(2°C/s)	740	560	737	860	246	0.07	1.0	
4	無	810	10	380	空冷以上(2°C/s)	無	580	862	953	169	0.08	0.8	
*	1	無	1250	15	410	空冷以上(2°C/s)	無	660	743	846	78	0.09	0.4
*	2	無	840	0.3	380	空冷以上(2°C/s)	無	600	739	883	63	0.11	0.3
*	2	無	920	20	190	空冷以上(2°C/s)	有	—	—	—	—	—	—
*	3	無	980	15	430	空冷以下(0.05°C/s)	無	580	760	873	138	0.08	0.7
*	5	無	850	10	420	空冷以上(2°C/s)	無	630	817	946	54	0.46	0.2
*	6	無	880	5	480	空冷以上(2°C/s)	無	680	626	754	272	0.25	0.6
*	7	無	820	15	390	空冷以上(2°C/s)	無	620	738	821	250	0.10	0.8

【0027】

【発明の効果】以上のように、本発明は、成分を特定し、処理条件を規制して製造することにより、耐CO₂腐食性、耐硫化物応力腐食割れ性に優れ、かつ高韌性を有するマルテンサイトステンレス鋼継目無鋼管を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】耐CO₂腐食特性（腐食速度）および熱間加工時の絞り性に及ぼすCおよびN含有量の関係を示す図である。

【図1】

